PAT-NO:	JP02001044120A
DOCUMENT-IDENTIFIER:	JP 2001044120 A
TITLE:	LASER HEAT TREATMENT METHOD AND LASER HEAT TREATMENT APPARATUS
PUBN-DATE:	February 16, 2001

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	**COUNTRY**
OGAWA, TETSUYA	N/A
TOKIOKA, HIDETADA	N/A
SATO, YUKIO	N/A
INOUE, MITSUO	N/A
SASAGAWA, TOMOHIRO	N/A
MIYASAKA, MITSUTOSHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	**COUNTRY**
MITSUBISHI ELECTRIC CORP	N/A
SEIKO EPSON CORP	N/A

APPL-NO: JP11221021

APPL-DATE: August 4, 1999

INT-CL (IPC): H01L021/20 , H01L021/268

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To form a thin film having excellent crystalline property to manufacture a high performance thin film transistor by respectively collecting and radiating a first pulse laser beam and a second pulse laser beam in different absorption coefficient for the film material on the substrate in the shape of line to the same area of a film material on a substrate.

SOLUTION: After light intensity is adjusted in an attenuator 5, a first pulse laser beam 3 is shaped into a line beam in 7, while after light intensity is adjusted in an attenuator 6, a second pulse laser beam 4 is shaped into a line beam in 8 and is then radiated to an amorphous silicon film 9. In this case, at the surface of amorphous silicon film, width direction of the line area radiated with the second pulse laser beam includes the width direction of the line area radiated with the first pulse laser beam. The first pulse laser beam is the laser beam of ultra-violet region, while the second pulse laser beam is the pulse laser beam in the visible region having the absorption coefficient lower than that of the first pulse laser beam.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(19)日本国特許庁（ＪＰ）

(12) **公開特許公報**（Ａ）

(11)特許出願公開番号
特開2001－44120
（P2001－44120A）

(43)公開日　平成13年２月16日(2001.2.16)

(51)Int.Cl.⁷	識別記号	ＦＩ		テーマコード（参考）
Ｈ０１Ｌ　21/20		Ｈ０１Ｌ　21/20		５Ｆ０５２
21/268		21/268	Ｆ	
			Ｇ	

審査請求　未請求　請求項の数14　ＯＬ　（全 ９ 頁）

(21)出願番号　特願平11－221021

(22)出願日　平成11年８月４日(1999.8.4)

(71)出願人　000006013
三菱電機株式会社
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号
(71)出願人　000002369
セイコーエプソン株式会社
東京都新宿区西新宿２丁目４番１号
(72)発明者　小川　哲也
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三菱電機株式会社内
(74)代理人　100102439
弁理士　宮田　金雄　（外２名）

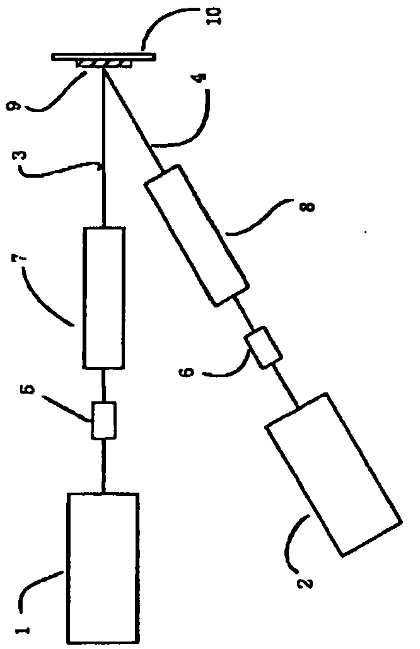
最終頁に続く

(54)【発明の名称】　レーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置

(57)【要約】　　（修正有）

【課題】　高移動度の薄膜トランジスタを実現するために、結晶性に優れた基板上膜材料を形成するレーザ熱処理方法を提供する。

【解決手段】　基板上膜材料９に対する吸収係数が異なる、第１のパルスレーザ光３と第２のパルスレーザ光４をそれぞれ上記基板上膜材料の同一部分に線状に集光して照射するレーザ熱処理方法。



【特許請求の範囲】

【請求項１】　基板上膜材料にレーザ光を吸収させて熱処理するレーザ熱処理方法において、上記基板上膜材料に対する吸収係数が異なる、第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光をそれぞれ上記基板上膜材料の同一部分に線状に集光して照射するレーザ熱処理方法。

【請求項２】　上記第１のパルスレーザ光は、紫外域、あるいは真空紫外域のパルスレーザ光であり、上記第２のパルスレーザ光は可視域のパルスレーザ光であることを特徴とする請求項１記載のレーザ熱処理方法。

【請求項３】　上記第１のパルスレーザ光は、エキシマレーザ光またはフッ素レーザ光であることを特徴とする請求項２記載のレーザ熱処理方法。

【請求項４】　上記第２のパルスレーザ光は、NdイオンドープあるいはYbイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振固体レーザの高調波であることを特徴とする請求項２または３記載のレーザ熱処理方法。

【請求項５】　上記第１のパルスレーザ光の照射と、上記第２のパルスレーザ光の照射とのタイミングのずれが200nsec以下であることを特徴とする請求項１乃至４のいずれかに記載のレーザ熱処理方法。

【請求項６】　上記基板上膜材料として、非晶質または多結晶珪素膜を用いることを特徴とする請求項１乃至５のいずれかに記載のレーザ熱処理方法。

【請求項７】　上記非晶質または多結晶珪素膜の表面における第１のパルスレーザの照射エネルギー密度が1000mJ/cm2以下100mJ/cm2以上であることを特徴とする請求項６記載のレーザ熱処理方法。

【請求項８】　上記非晶質または多結晶珪素膜の表面における第２のパルスレーザ光の照射エネルギー密度が1500mJ/cm2以下100mJ/cm2以上であることを特徴とする請求項６または７記載のレーザ熱処理方法。

【請求項９】　レーザ光源からのレーザ光を線状ビームに成形して基板上膜材料に照射してこの基板上膜材料に上記レーザ光を吸収させて熱処理するレーザ熱処理装置において、上記基板上膜材料に対する吸収係数が異なる第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光を発生する、第１のパルスレーザ光源と第２のパルスレーザ光源を備えたことを特徴とするレーザ熱処理装置。

【請求項１０】　上記第１のパルスレーザ光源は、紫外域、あるいは真空紫外域のレーザ光源であり、上記第２のパルスレーザ光源は可視域のパルスレーザ光源であることを特徴とする請求項９記載のレーザ熱処理装置。

【請求項１１】　上記第１のパルスレーザ光源は、エキシマレーザまたはフッ素レーザであることを特徴とする請求項１０記載のレーザ熱処理装置。

【請求項１２】　上記第２のパルスレーザ光源は、NdイオンドープあるいはYbイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振固体レーザの高調波であることを特徴とする請求項１０または１１記載のレーザ熱処理装置。

【請求項１３】　上記基板上膜材料に照射される上記第１のパルスレーザ光の光軸と、上記第２のパルスレーザ光の光軸とが一致していることを特徴とする請求項９乃至１２のいずれかに記載のレーザ熱処理装置。

【請求項１４】　上記基板上膜材料に照射される上記第１のパルスレーザ光の光軸と、上記第２のパルスレーザ光の光軸とが異なることを特徴とする請求項９乃至１２のいずれかに記載のレーザ熱処理装置。

【発明の詳細な説明】

【０００１】

【発明の属する技術分野】高移動度の薄膜トランジスタを実現するために、結晶性に優れた多結晶珪素膜を形成するレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置に関する。

【０００２】

【従来の技術】現在、液晶パネルの画素部は、ガラスまたは合成石英基板上の非晶質または多結晶珪素膜で作製された薄膜トランジスタのスイッチングにより、画像を構成している。もし、このパネル上に画素トランジスタを駆動するドライバ回路（主として外部に独立して設置してある）を同時に構成することが可能となれば、液晶パネルの製造コスト・信頼性等の面で飛躍的なメリットが生じることになる。しかし現在は、トランジスタ能動層を構成する珪素膜の結晶性が悪いため、移動度に代表される薄膜トランジスタの性能が低く、高速性・高機能性が要求される集積回路の作製は困難である。高移動度薄膜トランジスタ実現を目的とする、珪素膜結晶性改善手法として、一般的にレーザによる熱処理が行われている。

【０００３】珪素膜の結晶性と薄膜トランジスタの移動度の関係は以下のように説明される。レーザ熱処理により得られる珪素膜は一般に多結晶である。多結晶の結晶粒界には結晶欠陥が局在しており、これが薄膜トランジスタ能動層のキャリア移動を阻害する。従って、薄膜トランジスタの移動度を高くするには、キャリアが能動層を移動中に結晶粒界を横切る回数を少なくし、かつ結晶欠陥密度を小さくすれば良い。レーザ熱処理の目的は、結晶粒径が大きくかつ結晶粒界における結晶欠陥が少ない多結晶珪素膜の形成である。

【０００４】図１１は従来のレーザ熱処理装置の一例を示す図である。ここにおいて、51は熱処理用レーザとして一般的に使われている紫外光を発する350nm未満の代表的なパルスレーザ光源であるエキシマレーザ（KrF（波長：248nm）、XeCl（波長：308nm）等）、52はエキシマレーザ光、53はビーム強度分布を均一にするためのビームホモジナイザ、54はビームを集光するための集光光学系、55は非晶質珪素膜、56はガラスまたは石英基板である。

【０００５】次に従来のレーザ熱処理手法について説明する。エキシマレーザ51から出射されたエキシマレーザ光52がビームホモジナイザ53を経て集光光学系54により非晶質珪素膜55上に照射される。エキシマレーザ光52の照射により照射領域における非晶質珪素55が溶融される。その後温度が低下するに従って溶融した珪素が再結晶化して、多結晶珪素膜を形成する。しかし、エキシマレーザ光による熱処理で得られたポリシリコンの平均結晶粒径は数100nmと非常に小さい。これは、エキシマレーザの時間パルス幅が一般的に数10nsecしかないため、再結晶時間が短く、大きな結晶粒が成長できないからである。

【０００６】以上のように形成された多結晶珪素膜を能動層として作製されたMOSトランジスタの移動度（ｎチャネル）のレーザ光照射エネルギー密度に対する依存性の例として、文献１（DIGEST OF TECHNICAL PAPERS AM-LCD 96, TFTp2-4 pp113-116(1996)）にあるものを示す。レーザ光源51としてKrFエキシマレーザを用いており、非晶質珪素膜55の厚みは50nmの例である。照射条件により得られる結果は少し変化するが、例えば照射強度260 mJ/cm2で最高移動度100cm2/Vsが得られている。しかし、照射エネルギー密度に対する移動度の依存性が大きく、±５mJ/cm2の範囲内でしか最高移動度の8割以上の移動度が得られず、同手法を生産ラインに導入する際、レーザ出力、および光学系の集光性を極めて厳密に制御しないと製作されたトランジスタの特性がばらつくという問題がある。これは、珪素におけるエキシマレーザ光の吸収率が大きいために、わずかな照射エネルギー密度の変化により溶融状態が異なり、再結晶過程が変化するためと考えられる。

【０００７】また、特開平８－１４８４２３号公報には非晶質珪素膜を、第１のレーザ光と第２のレーザ光の、２つのレーザ光により溶融再結晶化させるものが記述されているが、ここでは、第２のレーザ光は補助加熱に用いるべく、第１のレーザ光と同一波長のレーザ光か、基板で吸収する波長のレーザ光を用いることが記述されている。また、第１のレーザ光としてはエキシマレーザ光を用いることが示唆されている。

【０００８】

【発明が解決しようとする課題】エキシマレーザを光源とした、従来の代表的なレーザ熱処理方法では、レーザ光のパルス時間幅が短いために、また膜での吸収が大きいため表面での加熱となり、横方向への結晶成長が十分行われず、たとえ同一波長の第２のレーザ光を補助加熱として用いても、やはり表面だけの加熱となり、結晶粒径が小さいものしか得られず、薄膜トランジスタの移動度が最大でも100 cm2/Vs、通常では60cm2/Vs程度と低い値しか得られないことが問題であった。また、照射エネルギー密度に対する移動度の依存性が極めて大きいために一定の移動度が得られず、作製されたトランジスタの特性にばらつきがあることが問題であった。

【０００９】本発明の目的は、高性能の薄膜トランジスタを作製するのに必要な結晶性に優れた薄膜を形成するレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置を提供することである。

【００１０】また、生産性の高い、安定なレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置を提供することを第２の目的とする。

【００１１】

【課題を解決するための手段】本発明に係る請求項１のレーザ熱処理方法は、基板上膜材料に対する吸収係数が異なる、第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光をそれぞれ、上記基板上膜材料の同一部分に線状に集光して照射するものである。

【００１２】本発明に係る請求項２のレーザ熱処理方法は、上記第１のパルスレーザ光を、紫外域、あるいは真空紫外域のパルスレーザ光とし、上記第2のパルスレーザ光は可視域のパルスレーザ光としたものである。

【００１３】本発明に係る請求項３のレーザ熱処理方法は、第１のパルスレーザ光として、エキシマレーザ光またはフッ素レーザ光を用いるものである。

【００１４】本発明に係る請求項４のレーザ熱処理方法は、第２のパルスレーザ光として、Ndイオンドープあるいは Ybイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振固体レーザの高調波を用いるものである。

【００１５】本発明に係る請求項５のレーザ熱処理方法は、第１のレーザ光の照射と第２のレーザ光の照射とのタイミングのずれを200nsec以下としたものである。

【００１６】本発明に係る請求項６のレーザ熱処理方法は、基板上膜材料として、非晶質または多結晶珪素膜を用いるものである。

【００１７】本発明に係る請求項７のレーザ熱処理方法は、非晶質または多結晶珪素膜の表面における第１のレーザ光の照射エネルギー密度が1500mJ/cm2以下100mJ/cm2以上としたものである。

【００１８】本発明に係る請求項８のレーザ熱処理方法は、非晶質または多結晶珪素膜の表面における第２のレーザ光の照射エネルギー密度が1000mJ/cm2以下100mJ/cm2以上としたものである。

【００１９】本発明に係る請求項９のレーザ熱処理装置は、基板上膜材料に対する吸収係数が異なる第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光を発生する、第１のパルスレーザ光源と第２のパルスレーザ光源を備えたものである。

【００２０】本発明に係る請求項１０のレーザ熱処理装置は、第１のパルスレーザ光源を、紫外域、あるいは真空紫外域のレーザ光源とし、第２のパルスレーザ光源は可視域のパルスレーザ光源としたものである。

【００２１】本発明に係る請求項１１のレーザ熱処理装

置は、第1のパルスレーザ光源を、エキシマレーザまたはフッ素レーザとしたものである。

【0022】本発明に係る請求項12のレーザ熱処理装置は、第2のパルスレーザ光源を、NdイオンドープあるいはYbイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振固体レーザの高調波としたものである。

【0023】本発明に係る請求項13のレーザ熱処理装置は、基板上膜材料に照射される第1のレーザ光の光軸と第2のレーザ光の光軸が一致しているものである。

【0024】本発明に係る請求項14のレーザ熱処理装置は、基板上膜材料に照射される第1のレーザ光の光軸と第2のレーザ光の光軸が異なるものである。

【0025】

【発明の実施の形態】実施の形態1．図1は本発明のレーザ熱処理装置の構成図である。1は第1のパルスレーザ光源、2は第2のパルスレーザ光源、3は第1のパルスレーザ光、4は第2のパルスレーザ光、5は第1のパルスレーザ光のアッテネータ、6は第2のパルスレーザ光のアッテネータ、7は第1のパルスレーザ光の線状ビーム成形光学系、8は第2のパルスレーザ光の線状ビーム成形光学系、9は基板上膜材料である非晶質珪素膜、10は基板である。基板10は移動ステージに設置してあり、広い面積にわたるレーザ熱処理が可能となっている。

【0026】次に、レーザ熱処理方法について説明する。第1のパルスレーザ光源1より出射した第1のパルスレーザ光3はアッテネータ5で光強度調整された後、7において線状ビームに成形され、非晶質珪素膜9に照射される。第2のパルスレーザ光4は、第1のパルスレーザ光3のパルス立ち上がり時刻に対して同時もしくはある特定の時間だけ後にずらして、第2のパルスレーザ光源2から発振され、アッテネータ6で光強度調整された後、8において線状ビームに成形され、非晶質珪素膜9に照射される。この際、図2に示すように、非晶質珪素膜表面において、第2のパルスレーザ光によって照射される線状エリアの幅方向は、第1のパルスレーザ光によって照射された線状エリアの幅方向を完全に包含していなければならない。すなわち、非晶質珪素膜表面において、第2のパルスレーザ光の幅は第1のパルスレーザ光の幅よりも広くなければならない。

【0027】ここで、第1のレーザ光としてエキシマレーザ光を用い、エキシマレーザより非晶質珪素膜の吸収係数が小さく、しかも非晶質珪素膜で吸収する波長の第2のパルスレーザ光を時間的に同時もしくは若干の遅延時間を設定して照射してやれば、再結晶化過程において光エネルギーを追加補償することになるため、再結晶化時間を延長でき、結晶粒径を大きくすることが可能となる。具体的には、第1のパルスレーザ光としてKrFやXeCl等のエキシマレーザ、あるいはフッ素レーザといった、紫外域あるいは真空紫外域のレーザ光であれば珪素に対する吸収係数が十分高いので、これらのレーザ光を用いることができる。また、第2のパルスレーザ光としては、第1のパルスレーザ光よりも吸収率が小さくなる可視域のパルスレーザ光が適している。すなわち、Nd:YAGレーザ、Nd:YLFレーザやYb:YAGレーザ、あるいはNd:ガラスレーザやYb:ガラスレーザといったNdイオンドープあるいはYbイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振の固体レーザの高調波を用いることができる。

【0028】実際に第1のパルスレーザ光としてKrFエキシマレーザ、第2のパルスレーザ光としてNd:YAGレーザの第2高調波を用いて行った例について説明する。時間パルス幅は半値でKrFエキシマレーザが15nsec、Nd:YAGレーザの第2高調波が60nsecである。第1のパルスレーザ光の役割は非晶質珪素膜を溶融して再結晶化を起こさせることである。そのため、珪素に対する吸収係数が高い紫外光を発振するエキシマレーザを選択した。第2のパルスレーザ光の役割は再結晶時間の延長である。よって、照射時に珪素膜は溶融しているため、あまり強い光強度は必要ない（強度の強い光を照射するとレーザアブレーションが起こり、珪素膜が基板から剥離してしまう）。むしろ、再結晶時間の延長には時間パルス幅が長いことの方が重要である。従って、珪素に対する吸収係数があまり高くなく、時間パルス幅が長い、Nd:YAGレーザの第2高調波を選択した。

【0029】なお、本実施の形態1では、図1に示すように、2つのレーザ光の光軸が異なっている。すなわち、2つのレーザ光を任意の方向より照射してよいため、レーザ発振器の設置位置を自由にでき、装置設計及び生産が容易になる。

【0030】実施の形態2.実施の形態2では、第1のパルスレーザ光の照射と第2のパルスレーザ光の照射のタイミングについて述べる。レーザ光照射による非晶質珪素膜の表面温度の経時変化をシミュレーションにより求めた。計算モデルとしては、図3に示すように、レーザ光照射により非晶質珪素膜中に導入された熱が基板へと散逸していく1次元モデルを考える。なお、表面からの放射による熱損失は考慮していない。先ず図4に照射エネルギー密度200mJ/cm2のKrFエキシマレーザ光を照射した場合の表面温度の経時変化のシミュレーション結果を示す。図の横軸（Time）はパルス立ち上がりからの時間、縦軸（Temperature）は表面温度を示す。再結晶化時間とほぼ同等である表面溶融時間は80nsec程度である。次に、照射エネルギー密度300mJ/cm2のNd:YAGレーザの第2高調波を遅延時間0nsec, 50nsec,100nsecで重畳照射した場合のシミュレーション結果を各々図5（a）、（b）、（c）に示す。これらの結果から、100nsec以上では、第2のレーザ光の重畳照射による再結晶化時間延長の効果はないことが予想される。しかし、

実際に実験を行った結果、遅延時間200nsecまでは重畳の効果があることが、形成された多結晶珪素膜の平均結晶粒径の顕微鏡による観察から確認できた。従って、遅延時間は200nsec以内、好ましくは100nsec以内が適当である。

【００３１】実施の形態３．実施の形態３では、本発明のレーザ熱処理方法により、非晶質珪素膜から形成した多結晶珪素膜の平均結晶粒径について述べる。第１のレーザとしてはKrFエキシマレーザを、第２のレーザとしてはNd:YAGレーザの第２高調波を用いた。KrFエキシマレーザの照射エネルギー密度を200mJ/cm2に固定して、遅延時間25nsecでNd:YAGレーザの第２高調波を照射した結果を図6に示す。図において、横軸はNd:YAGレーザの第２高調波の照射エネルギー密度（YAG2ω energy density）で、縦軸は平均結晶粒径（Grain size）である。KrFエキシマレーザのみによる熱処理により形成された多結晶珪素膜の平均結晶粒径は～100nmであった。しかし、Nd:YAGレーザの第２高調波を重畳照射して得られた多結晶珪素膜の平均結晶粒径は最大で1.2μm程度である。MOSトランジスタの能動層中でのキャリアの移動は個々の結晶粒界における欠陥により阻害されるので、MOSトランジスタの移動度を向上させるには結晶粒径を大きくすることが必須である。本発明のレーザ熱処理方法による、結晶粒径の増大が実証された。

【００３２】実施の形態４．実施の形態４では、本発明のレーザ熱処理方法により、非晶質珪素膜より形成した多結晶珪素膜を用いて作製したMOSトランジスタについて述べる。特性の評価についてはMOSトランジスタの代表的なパラメータである移動度（Mobility）を用いて行う。第１のパルスレーザ光源としてはKrFエキシマレーザを、第２のパルスレーザ光源としてはNd:YAGレーザの第２高調波（２ω）を用いた。先ず、比較のためにKrFエキシマレーザのみで熱処理を行って形成した多結晶珪素膜を用いて作製したMOSトランジスタのｎチャネル移動度の照射エネルギー密度（fluence）依存性を図７に示す。図から明らかなように最高でも移動度は60cm2/Vs程度しかない。次に、KrFエキシマレーザの照射エネルギー密度を240mJ/cm2に固定して、様々な照射エネルギー密度のNd:YAGレーザの第２高調波（２ω）を重畳照射した。その際、遅延時間は25nsec，50nsec，100nsecの３種類を設定した。こうして形成された多結晶珪素膜を用いて作製されたMOSトランジスタのｎチャネル移動度を、各々の遅延時間に関してそれぞれ図８（ａ）、（ｂ）、（ｃ）に示す。これらの本発明に関する実験結果より、照射エネルギー密度240mJ/cm2のKrFエキシマレーザのみでの熱処理では移動度は30cm2/Vs程度であるが、Nd:YAGレーザの第２高調波を重畳照射することにより、４倍の値である120cm2/Vs程度が達成されることがわかった。

【００３３】実施の形態５．実施の形態５では、第１のパルスレーザ光源としてはKrFエキシマレーザを、第２のパルスレーザ光源としてはNd:YAGレーザの第２高調波を用いた場合の、MOSトランジスタのｎチャネル移動度に対する、KrFエキシマレーザの照射エネルギー密度の依存性について述べる。図９はKrFエキシマレーザ単独（図中ＥＸＬで示される線）の場合と、第１のレーザとしてKrFエキシマレーザを、第２のレーザとしてNd:YAGレーザの第２高調波を用いた場合（図中ＥＸＬ+ＹＡＧ２ωで示される線）のエキシマレーザの照射エネルギー密度に対する移動度の関係を示す実験値である。この図でわかるように、エキシマレーザとNd:YAGレーザを用いた場合、エキシマレーザ単独で得られる移動度よりも大きい移動度が得られ、しかもエキシマレーザ単独の場合は高移動度が得られるエキシマレーザの照射エネルギー密度の範囲が狭いのに比べ、エキシマレーザとNd:YAGレーザを用いた場合はエキシマレーザの照射エネルギー密度の依存性が非常に小さい。すなわち、エキシマレーザとNd:YAGレーザを用いた場合は、エキシマレーザの出力変動による影響をあまり受けないことがわかる。

【００３４】実施の形態６．実施の形態６では、第１のパルスレーザ光の照射エネルギー密度について述べる。第１のパルスレーザ光としては、非晶質珪素膜を溶融して再結晶化が可能な状態にする能力が要求されるが、吸収係数とのかね合いから真空紫外域、紫外域のパルスレーザが適当である。吸収係数は波長が長くなるに従い小さくなるが、紫外域で比較的長い波長のレーザであるXeClエキシマレーザでレーザ熱処理実験を行った場合、照射エネルギー密度が1000mJ/cm2以上ではアブレーションが起こり、膜が基板から剥離する。また、照射エネルギー密度の下限の方は、吸収係数の高い紫外域の代表的なレーザであるKrFエキシマレーザを用いたレーザ熱処理実験により、100mJ/cm2と規定できた。

【００３５】実施の形態７．実施の形態７では、第２のパルスレーザ光の照射エネルギー密度について述べる。第２のパルスレーザ光は、第１のレーザ光照射により非晶質珪素膜が溶融している液体状態へ照射される。役割としては、再結晶化時間の延長である。再結晶時間の延長の効果があるのは100mJ/cm2以上である。また、アブレーションが起こらない照射エネルギー密度である必要がある。第２のパルスレーザ光として代表的なNd:YAGレーザの第２高調波を用いた場合、1500mJ/cm2以上でアブレーションが起こった。したがって、第２のパルスレーザ光の照射エネルギー密度は1500mJ/cm2以下100mJ/cm2以上が適当である。

【００３６】実施の形態８．実施の形態８では、本発明のレーザ熱処理方法において、２つのレーザ光を照射する他の方法について述べる。図１０は実施の形態８によるレーザ熱処理方法を実現するレーザ熱処理装置を示す図である。図において1～10は図１と同様の部材を示す。11はダイクロイックミラーあるいは偏光ビームスプ

リッターであり、第１のパルスレーザ光を透過し、第２のパルスレーザ光を反射して、基板上膜材料に照射する第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光の光軸を一致させるように作用する。すなわち、本実施の形態８の特徴は、基板上膜材料に照射する２つのレーザ光の光軸が同一であることにある。２つのレーザ光をあらかじめダイクロイックミラーもしくは偏光ビームスプリッタ11により重畳しておくために、ターゲット位置での光軸調整が不要になり、レーザ熱処理を容易に行うことが可能となる。

【００３７】

【発明の効果】以上説明したように、本発明のレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置は、基板上膜材料にレーザ光を吸収させて熱処理するレーザ熱処理方法において、該基板上膜材料に対する吸収係数が異なる、第１のパルスレーザ光と第２のパルスレーザ光をそれぞれ上記基板上膜材料の同一部分に線状に集光して照射するようにしたので、結晶粒径が大きく、高移動度の薄膜トランジスタの作製に適した高品質の薄膜が得られる効果がある。

【００３８】また、本発明のレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置は、上記第１のパルスレーザ光は、紫外域、あるいは真空紫外域のパルスレーザ光とし、上記第2のパルスレーザ光は可視域のパルスレーザ光としたので、確実に結晶粒径が大きく、高移動度の薄膜トランジスタの作製に適した高品質の薄膜が得られる効果がある。

【００３９】さらに、本発明のレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置は、第１のレーザ光として、エキシマレーザ（ArF，KrF，XeCl）、フッ素レーザを用いるもので、安定かつ生産性の高いレーザ熱処理ができるという効果がある。

【００４０】さらに、本発明のレーザ熱処理方法およびレーザ熱処理装置は、第２のレーザ光として、Ndイオンドープあるいは Ybイオンドープの結晶あるいはガラスを励起媒質としたQスイッチ発振固体レーザの高調波を用いるもので、効率の良いレーザ熱処理を行うことができるという効果がある。

【００４１】さらに、本発明のレーザ熱処理方法は、第１のパルスレーザ光の照射と第２のパルスレーザ光の照射のタイミングのずれを200nsec以下としたもので、確実に結晶粒径が大きく、高移動度の薄膜トランジスタの作製に適した高品質の薄膜が得られる効果がある。

【００４２】さらに、本発明のレーザ熱処理方法は、基板上膜材料として、非晶質または多結晶珪素膜を用いるもので、高移動度の薄膜トランジスタの作製が可能となる。

【００４３】さらに、本発明のレーザ熱処理方法は、非晶質または多結晶珪素膜の表面における第１のレーザ光の照射エネルギー密度を1000mJ/cm2以下100mJ/cm2以上としたもので、質の高いレーザ熱処理が可能となる。

【００４４】さらに、本発明のレーザ熱処理方法は、非晶質または多結晶珪素膜の表面における第２のレーザ光の照射エネルギー密度を1500mJ/cm2以下100mJ/cm2以上としたもので、結晶性に優れた薄膜の形成が可能となる。

【００４５】さらに、本発明のレーザ熱処理装置は、レーザ光照射時における第１のレーザ光と第２のレーザ光の光軸を一致させて照射するため、ターゲット位置における光軸調整が不要となる効果がある。

【００４６】さらに、本発明のレーザ熱処理装置は、レーザ光照射時における第１のレーザ光と第２のレーザ光の光軸が異なる、すなわち、２つのレーザ光を任意の方向より照射してよいため、レーザ発振器の設置位置を自由にでき、装置設計及び生産が容易になる。

【図面の簡単な説明】

【図１】　この発明の実施の形態１を示すレーザ熱処理装置を示す概観図である。

【図２】　２本のレーザ光による照射面積の相対位置を表す図である。

【図３】　この発明の実施の形態２を説明するための、レーザ光照射時の熱伝導シミュレーションの計算モデルを説明する図である。

【図４】　この発明の実施の形態２を説明するための、KrFエキシマレーザ照射による珪素膜表面温度の経時変化のシミュレーション結果を示す図である。

【図５】　この発明の実施の形態２を説明するための、KrFエキシマレーザ照射と同時、50nsec後、100nsec後にNd:YAGレーザ第２高調波を照射した場合の珪素膜表面温度経時変化のシミュレーション結果を示す図である。

【図６】　この発明の実施の形態３を説明するための、レーザ熱処理方法により得られた多結晶珪素膜の平均粒径を示す図である。

【図７】　この発明の実施の形態４を説明するための、KrFエキシマレーザのみによるレーザ熱処理で得られた多結晶珪素膜を用いて作製されたMOSトランジスタのｎチャネル移動度を示す図である。

【図８】　この発明の実施の形態４を説明するための、レーザ熱処理方法において遅延時間を25nsecｓ、50nsec、100nsecとして得られた多結晶珪素膜を用いて作製されたMOSトランジスタのｎチャネル移動度を示す図である。

【図９】　この発明の実施の形態５を説明するための、KrFエキシマレーザの照射エネルギー密度の依存性を説明する図である。

【図１０】　この発明の実施の形態８を示すレーザ熱処理装置を示す概観図である。

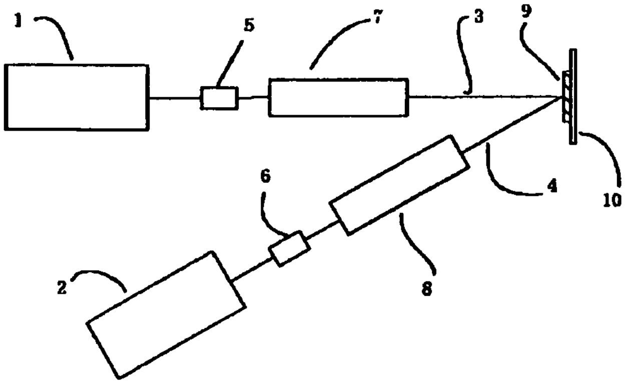
【図１１】　従来のレーザ熱処理装置を示す概観図である。

【符号の説明】

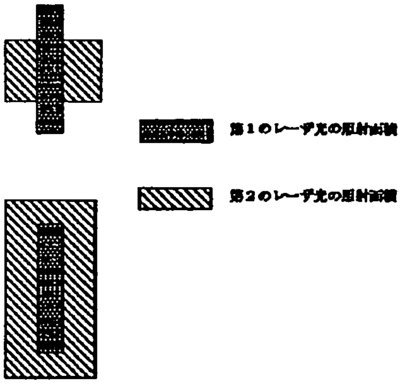
１　第１のパルスレーザ光源
２　第２のパルスレーザ光源
３　第１のパルスレーザ光

４　第２のパルスレーザ光
９　基板上膜材料

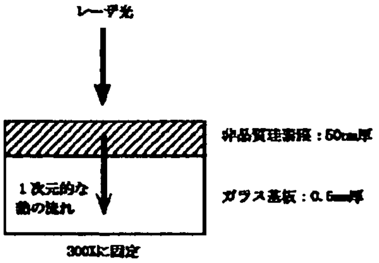
【図１】



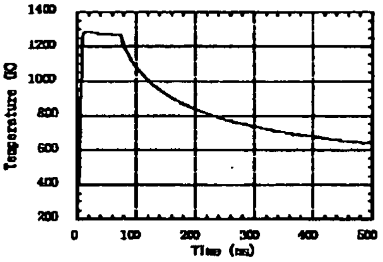
【図２】



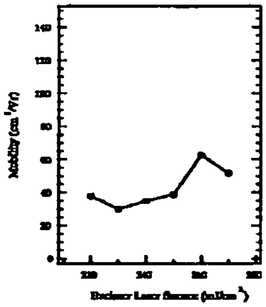
【図３】



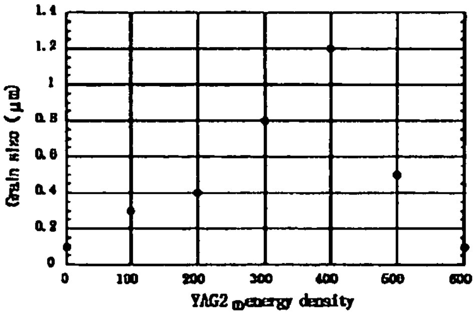
【図４】



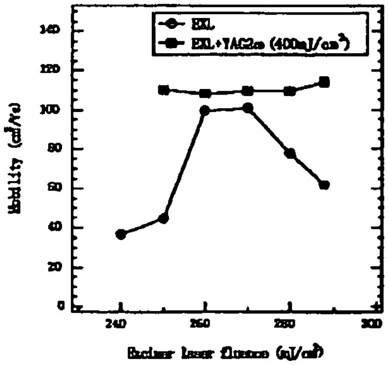
【図７】



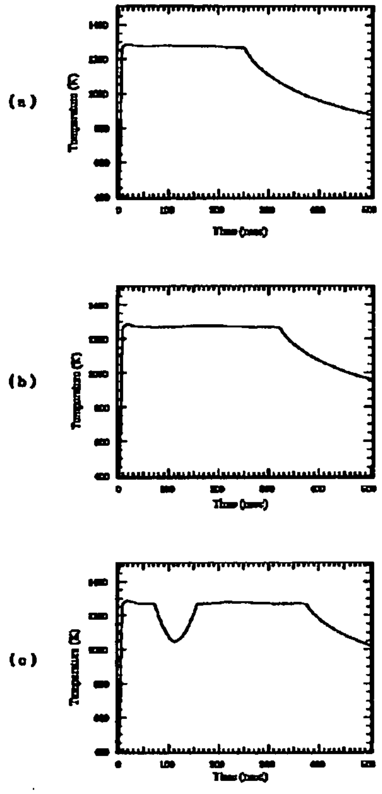
【図６】



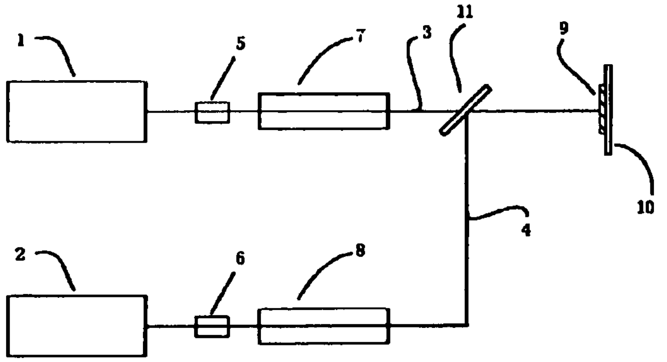
【図９】



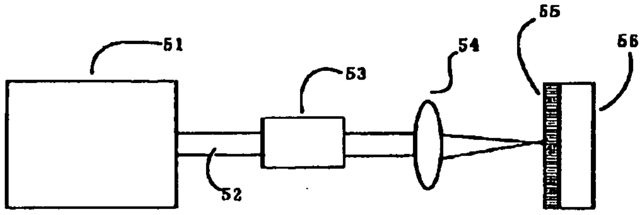
【図5】



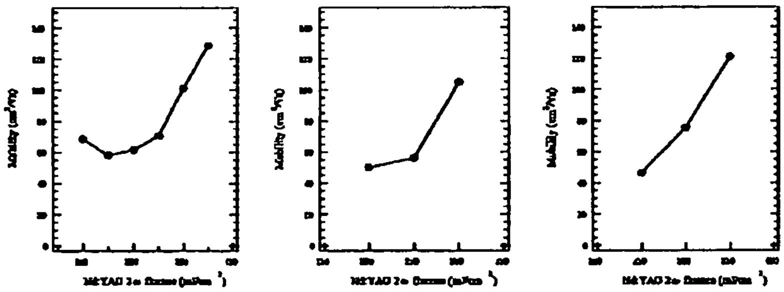
【図10】



【図11】



【図8】



(a)　(b)　(c)

フロントページの続き

(72)発明者　時岡　秀忠
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号　三
菱電機株式会社内

(72)発明者　佐藤　行雄
東京都千代田区丸の内二丁目2番3号　三
菱電機株式会社内

(72)発明者　井上　満夫
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三
菱電機株式会社内

(72)発明者　笹川　智広
東京都千代田区丸の内二丁目２番３号　三
菱電機株式会社内

(72)発明者　宮坂　光敏
長野県諏訪市大和３丁目３番５号　セイコ
ーエプソン株式会社内

Fターム(参考)　5F052 AA02 BA07 BA11 BA15 BB02
BB03 BB07 DA01 DA02 JA01

* NOTICES *

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2.**** shows the word which can not be translated.
3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]
[Claim 1] The laser heat art which condenses into the same part of the above-mentioned substrate episporium ingredient at a line, and irradiates the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light from which the absorption coefficient to the above-mentioned substrate episporium ingredient differs in the laser heat art which a substrate episporium ingredient is made to absorb a laser beam, and is heat-treated, respectively.
[Claim 2] It is the laser heat art according to claim 1 which the pulse laser light of the above 1st is the pulse laser light of an ultraviolet area or a vacuum ultraviolet area, and is characterized by the pulse laser light of the above 2nd being the pulse laser light of a visible range.
[Claim 3] The pulse laser light of the above 1st is a laser heat art according to claim 2 characterized by being excimer laser light or a fluorine laser beam.
[Claim 4] The pulse laser light of the above 2nd is a laser heat art according to claim 2 or 3 characterized by being the higher harmonic of the Q switch oscillation solid state laser which used the crystal or glass of Nd ion dope or Yb ion dope as the excitation medium.
[Claim 5] The laser heat art according to claim 1 to 4 characterized by a gap of the timing of the exposure of the pulse laser light of the above 1st and an exposure of the pulse laser light of the above 2nd being 200 or less ns.
[Claim 6] The laser heat art according to claim 1 to 5 characterized by using an amorphous substance or the polycrystal silicon film as the above-mentioned substrate episporium ingredient.
[Claim 7] The laser heat art according to claim 6 characterized by the exposure energy densities of the 1st pulse laser in the front face of the above-mentioned amorphous substance or the polycrystal silicon film being two or more two or less 1000 mJ/cm100 mJ/cm.
[Claim 8] The laser heat art according to claim 6 or 7 characterized by the exposure energy densities of the 2nd pulse laser light in the front face of the above-mentioned amorphous substance or the polycrystal silicon film being two or more two or less 1500 mJ/cm100 mJ/cm.
[Claim 9] the laser beam from a laser light source -- a line -- the laser thermal treatment equipment characterized by having the 1st pulse laser light source and the 2nd pulse laser light source which generate the 1st pulse laser light and the 2nd pulse laser light from which the absorption coefficient to the above-mentioned substrate episporium ingredient differs in the laser thermal treatment equipment which fabricate with a beam, irradiate a substrate episporium ingredient, and this substrate episporium ingredient is made to absorb the above-mentioned laser beam, and is heat-treated.
[Claim 10] It is the laser thermal treatment equipment according to claim 9 which the pulse laser light source of the above 1st is a laser light source of an ultraviolet area or a vacuum ultraviolet area, and is characterized by the pulse laser light source of the above 2nd being the pulse laser light source of a visible range.
[Claim 11] The pulse laser light source of the above 1st is a laser thermal treatment equipment according to claim 10 characterized by being excimer laser or fluorine laser.
[Claim 12] The pulse laser light source of the above 2nd is a laser thermal treatment equipment according to claim 10 or 11 characterized by being the higher harmonic of the Q switch oscillation solid state laser which used the crystal or glass of Nd ion dope or Yb ion dope as the excitation medium.
[Claim 13] The laser thermal treatment equipment according to claim 9 to 12 characterized by the optical axis of the pulse laser light of the above 1st irradiated by the above-mentioned substrate episporium ingredient and the optical axis of the pulse laser light of the above 2nd being in agreement.
[Claim 14] The laser thermal treatment equipment according to claim 9 to 12 characterized by the optical axis of the pulse laser light of the above 1st irradiated by the above-mentioned substrate episporium ingredient differing from the optical axis of the pulse laser light of the above 2nd.

[Translation done.]